

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



Trabajo Final de Grado

Carrera Ingeniería Agronómica

“Fertilización foliar en cebada cervecera. Análisis de los componentes del rendimiento y contenido de proteínas del grano por efecto de la aplicación de N en espigazón”.

ALUMNO

Humberto Alejandro Sirico

Leg. N°: 25169/2

DIRECTORA

Lic. Alejandra Carbone.

CO – DIRECTORA

Ing. Agr. María Cecilia Arango.

LUGAR DE REALIZACIÓN

Instituto de Fisiología Vegetal (UNLP - CONICET)

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	3
AGRADECIMIENTOS	5
DEDICATORIA.....	6
RESUMEN	7
El Cultivo de Cebada Cervecera:	8
a-HISTORIA E IMPORTANCIA ECONÓMICA:	8
b-CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS:	12
c- FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU INCIDENCIA	17
d- FERTILIZACIÓN FOLIAR: “NUEVA TECNOLOGÍA”	20
e- CALIDAD DEL CULTIVO:	22
<i>Calidad comercial</i>	23
<i>Calidad industrial</i>	24
Hipótesis:.....	25
Objetivos Generales:.....	25
Objetivos Particulares:	25
Materiales y Métodos:	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN:.....	32
Parámetros Generales	32
I-CLIMATOLOGIA:	32
Parametros fenológicos (escala deZadoks).....	30
II-EMERGENCIA DE PLÁNTULAS:.....	36.
III-ESTADO DE MACOLLAJE:.....	37
IV-ESTADO DE FLORACIÓN:.....	38
V-ESTADO DE MADUREZ COMERCIAL:.....	40..
Componentes de Rendimiento	40
VI-PLANTAS/m ² :.....	40
VII-ESPIGAS/m ² :.....	40
VIII-GRANOS/ESPIGA	41
IX-ESPIGAS/PLANTAS.....	42
X-PESO DE MIL GRANOS (PMG).....	43
XI- RENDIMIENTO kg/ha.....	44
Parámetros de Calidad.....	47
XII-PODER GERMINATIVO.....	47
XIII-CALIBRE.....	47
XIV-% de PROTEÍNAS	49
Eficiencia del uso del nitrógeno (EUN).....	51
CONCLUSIONES:.....	53
BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Área sembrada, producción y rendimiento de cebada cervecera en Argentina para las campañas 1961 a 2008.....	10
Figura 2. Esquema de la relación entre rendimiento y contenido de proteína en grano en función de la disponibilidad de nitrógeno en suelo. Adaptado de Fischer <i>et al.</i> , (1993).....	15
Figura 3. Esquema de los distintos componentes del rendimiento. Adaptado de Slafer <i>et al.</i> , 2004.....	16
Figura 4. Porcentaje (%) de germinación de semillas de cebada cv. Scarlett en función del tiempo de imbibición.....	35
Figura 5. Porcentaje (%) de emergencia de plántulas de cebada cv. Scarlett.....	35
Figura 6. Valores medios del número de espigas por m ² para los distintos tratamientos.....	41
Figura 7. Valores medios del número de granos por espiga de cebada para los distintos tratamientos.....	42
Figura 8. Valores medios del número de espigas por planta de cebada cv. Scarlett para los distintos tratamientos.....	43
Figura 9. Valores medios del PMG (peso de mil granos) para los distintos tratamientos.....	44
Figura 10. Valores medios del rendimiento en granos por ha para los distintos tratamientos.....	46
Figura 11. Valores medios del calibre de los granos de cebada cv. Scarlett para los distintos tratamientos.....	48
Figura 12. Valores medios del porcentaje de proteínas de cebada cv. Scarlett para los distintos tratamientos.....	49
Tabla 1. Principales características físico-químicas de muestras de suelo extraídas antes de realizar la siembra del cultivo.....	27
Tabla 2. Escala fenológica (Zadoks, Chang y Konzak, 1974).....	30

Tabla 3. Datos climáticos año 2011 y su comparación histórica entre 1961-1990.....	33
Tabla 4. Valores del poder germinativo de la semilla de cebada.....	34
Tabla 5. Valores medios de la eficiencia del uso del nitrógeno aportado por la urea más el fertilizante foliar en kg de grano para los distintos tratamientos.	51
Tabla 6. Valores medios de la eficiencia del uso del nitrógeno aportado por el fertilizante foliar en kg de grano para los distintos tratamientos	.52
Tabla 7. Valores medios de la eficiencia del uso del nitrógeno aplicado en relación con los kg de proteína obtenidos para los diferentes tratamientos	52

AGRADECIMIENTOS

- *A la Lic. Alejandra Carbone, docente de la Cátedra de Fisiología Vegetal por su dedicación, predisposición y colaboración para la realización de este trabajo.*
- *A la Ingeniera Agrónoma María Cecilia Arango por su dedicación, predisposición y colaboración para la realización de este trabajo.*
- *Al Ingeniero Agrónomo Daniel O. Giménez, profesor de la Cátedra de Fisiología Vegetal por su ayuda y colaboración prestadas para la elaboración de este trabajo.*
- *Al Ingeniero Agrónomo Juan Messineo por su generosidad y la colaboración para brindar el fertilizante foliar utilizado en este trabajo.*
- *A Bruno Sirico por su colaboración en este trabajo.*

A todos ellos eternamente agradecido

DEDICATORIA

- *Al incondicional apoyo y esfuerzo de mi familia.*
- *A mi novia por el apoyo y compañerismo durante todo este tiempo.*
- *A la amistad generada durante estos años de esfuerzo, y gratos e inolvidables momentos compartidos.*

RESUMEN

La importancia del cultivo de cebada cervecera, el uso intensivo de los suelos, la oferta masiva de fertilizantes y el empleo de distintas formas de aplicación hacen necesario continuar y profundizar las investigaciones relacionadas a la nutrición mineral del cultivo.

Los sistemas de producción deben usar el N eficientemente para ser económica y ambientalmente sustentables. El óptimo empleo de fertilizantes nitrogenados requiere distintas opciones de manejo y de tecnología de aplicación. En la región pampeana sigue en vigencia la práctica de la fertilización nitrogenada a la siembra y al macollaje, apareciendo los fertilizantes foliares como una de las mejores prácticas agronómicas alternativas al manejo convencional. Estos productos, aplicados en estado avanzado del cultivo, incrementarían la calidad del grano comparado al uso de urea al macollaje.

Con el objetivo de evaluar el efecto de dos tecnologías de fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la cebada cervecera, durante la campaña 2011/2012, se cultivó la variedad Scarlett en la Localidad de 25 de Mayo (provincia de Buenos Aires), bajo siembra directa. Se efectuaron cuatro tratamientos: aplicación de urea a la siembra y al macollaje (T1), y los tres tratamientos restantes igual al anterior más fertilizante foliar (BASF FOLIAR®36 EXTRA) en tres dosis de 4, 6 y 8 l/ha (T2, T3 y T4, respectivamente).

Tanto el rendimiento en grano como el contenido proteico presentaron incrementos significativos en T3 y T4 respecto a T1. La eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) aumentó en T2, T3 y T4, tanto en la carga de los granos cosechados como en el contenido proteico de los mismos. Estos resultados indican que la fertilización foliar nitrogenada constituye una alternativa viable para incrementar el rendimiento y el contenido proteico de los granos de cebada de la variedad Scarlett.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada:

a- HISTORIA E IMPORTANCIA ECONÓMICA:

El cultivo de cebada se conoce desde tiempos remotos y se supone que procede de dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura, comenzando a cultivarse en una región que abarca la Mesopotamia Asiática hasta el Norte de África, hace aproximadamente 10.000 años. Por lo tanto es un cultivo adaptado a condiciones agroclimáticas de tipo mediterráneo. Los años de mejora genética científica, han llevado a ampliar la zona de cultivo hasta los países Nórdicos.

En el mundo se siembran 56 millones de hectáreas de cebada y actualmente tres regiones abarcan el 75 % de la producción mundial. La Unión Europea ocupa el 43%, principalmente España, Alemania y Francia; Australia el 8,0 %; Ucrania y Rusia el 14,0 y 7,0 % respectivamente; Canadá 6,0%; Estados Unidos el 3,5%, mientras que Argentina participa con el 2,0% de la producción mundial. Nuestro país produce 2,3 millones de toneladas, ocupando el puesto décimoprimer. Como exportador, la República Argentina se encuentra en el sexto puesto con 1,1 millones de toneladas (Fuente: USDA).

La producción de cereales a nivel mundial alcanzó durante la última década un volumen promedio anual de producción de 2 mil millones de toneladas, siendo la cebada el cuarto cultivo en importancia en lo que respecta a volumen producido, detrás de maíz, arroz y trigo (FAO, 2010). La producción media anual de cebada durante dicha década fue de 153 millones de toneladas, representando un 8% de la producción total de cereales (FAO, 2010). El motivo de su importancia como cultivo radica tanto en la diversidad de usos que posee como en su amplia adaptación ecológica.

El cultivo de cebada posee una extensa distribución geográfica a nivel mundial, siendo cultivado en regiones agroecológicas tan disímiles como el centro de Europa, norte y sur de América y en regiones de Asia, África y Australia (FAO, 2010). Junto a su vasta distribución geográfica, el cultivo de cebada posee una amplia diversidad de usos. En la actualidad, el 85% de la producción mundial de cebada es utilizada como alimento forrajero (Fischbeck, 2002). En contraposición a ello, el destino principal de cebada en Argentina es la industria maltero-cervecera (Lapitan *et al.*, 2009).

El nivel de producción de cebada cervecera en Argentina presentó diferentes tendencias a lo largo de los años: declinó durante la década de 1970, luego durante los comienzos de la década de 1980 se mantuvo constante en alrededor de 150 mil toneladas (90 mil has cosechadas), y hacia fines de la década de 1980 incrementó fuertemente su producción hasta alcanzar los volúmenes actuales cercanos a 1,6 millones de toneladas por año (Figura 1). Dichos aumentos de producción estuvieron asociados tanto a incrementos en el área sembrada como a incrementos en los rendimientos (Figura 1). El área sembrada presentó un patrón de variaciones semejante al observado para producción: hasta la década de 1980 hubo una disminución en la superficie destinada al cultivo y a partir de allí se incrementó en forma constante. Por otro lado, la tendencia de rendimiento observada en nuestro país evidencia un primer período (1960-1975) de baja tasa anual de aumento de rendimiento y un aumento sostenido a partir de 1980 (Figura 1). El incremento en el rendimiento a nivel productivo estuvo asociado con la liberación al mercado a partir de 1970 de cultivares de alto potencial de rendimiento, donde ajustes bilineales, mostraron que hasta 1970 el rendimiento potencial de los cultivares fue de 5200 kg/ha y luego el rendimiento aumentó a razón de 20 kg/ha por año (Abeledo *et al.*, 2003a).

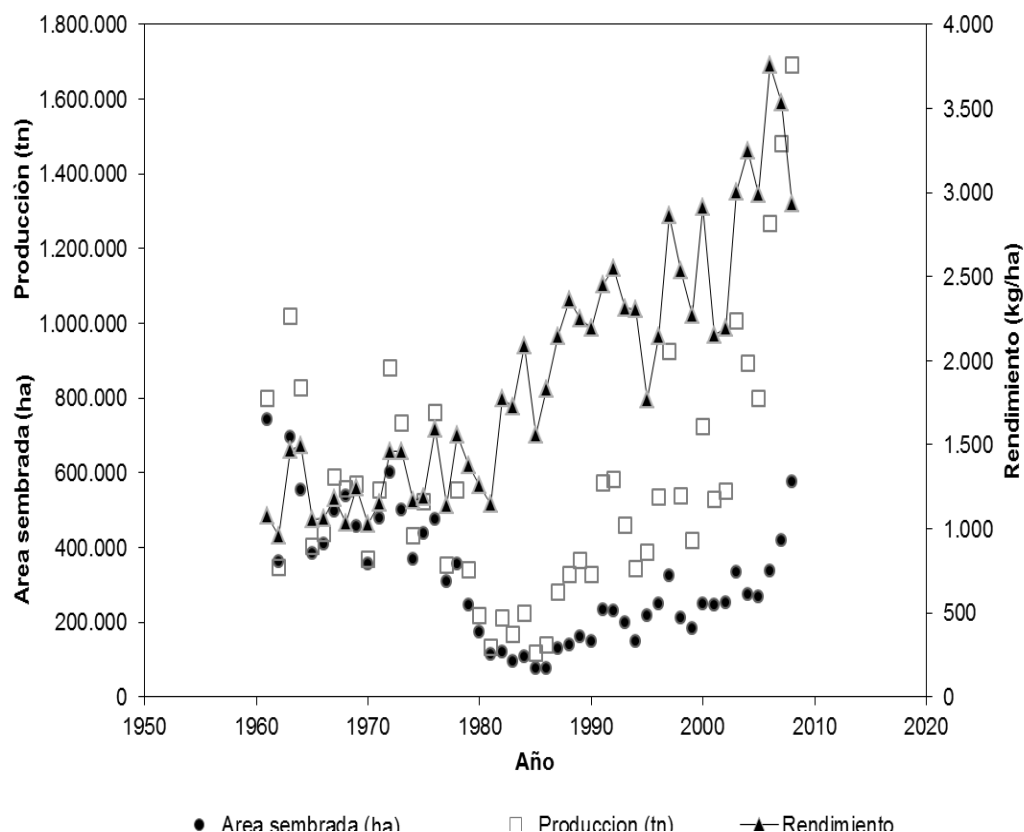


Figura 1. Área sembrada, producción y rendimiento de cebada cervecera en Argentina para las campañas 1961 a 2008. Fuente: FAO (2010).

La producción de cebada cervecera en Argentina ha crecido alrededor de un 50 % en los últimos diez años.

En nuestro país, tradicionalmente la producción de cebada se encontraba restringida a la zona sur de la provincia de Buenos Aires. En la actualidad, los nuevos ambientes explorados por el cultivo en Argentina son principalmente el norte de la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe. Es así como, al presente, en Argentina existen 5 zonas principales de producción de cebada cervecera. El sudeste bonaerense genera aproximadamente el 40% del volumen nacional de producción, el área central de Buenos Aires ca. 30%, el sudoeste y la provincia de La Pampa ca. 25%, y el resto de la producción se ubica en el sudoeste de Córdoba y sudeste de Santa Fe (MAGPyA, 2010).

La expansión del cultivo se sustentó, en parte, a que la cebada libera los lotes con anterioridad al trigo, permitiendo una temprana implantación de cultivos de soja de segunda y un consiguiente aumento del rendimiento logrado (Calviño *et al.*, 2003). Estos autores observaron, para el sur de la Región Pampeana, una reducción promedio del 2% en el rendimiento de la soja de segunda por cada día de retraso en la fecha de siembra, poniendo en evidencia los efectos negativos de una desocupación tardía de los lotes.

Un factor adicional que contribuyó al desarrollo del cultivo es que actualmente los genotipos de cebada presentan rendimientos similares a los del trigo. Los genotipos de cebada disponibles actualmente en el mercado argentino presentan rendimientos potenciales (*i.e.* cultivos creciendo sin limitaciones hídrico-nutricionales y sin restricciones bióticas) (Evans y Fischer, 1999) alrededor de 8000 kg ha⁻¹ (Abeledo *et al.*, 2003b), siendo constante la incorporación de nuevos genotipos al mercado. En la actualidad, los rendimientos medios nacionales alcanzan valores de aproximadamente 3500 kg ha⁻¹. La brecha entre los rendimientos potenciales y los logrados a campo puede deberse al uso de cultivares de bajo potencial de rendimiento. Sin embargo, es importante destacar que la cantidad de variedades en el mercado es limitada, y presentan una mayor persistencia que, por ejemplo, las variedades de trigo.

En el partido de 25 de Mayo (provincia de Buenos Aires), durante la campaña 2009-2010 se sembraron aproximadamente 6000 has. Por motivos de precios internacionales, sumado a problemas de comercialización en el cultivo de trigo, la siembra de cebada para la campaña 2010-2011 se incrementó a 10000 has, por presentar mejores precios, además de permitir sembrar una soja más temprana obteniendo mayor rendimiento y de esta manera cerrando un ciclo de doble cultivo más rentable (Fuente INTA 25 de Mayo).

En la actualidad, Scarlett es la variedad que ocupa la mayor superficie sembrada en Argentina y se caracteriza por ser un cultivar europeo de alto potencial (Cattáneo, 2011). Adicionalmente, la brecha entre los rendimientos potenciales y logrados podría deberse a la expansión del cultivo hacia zonas de baja productividad, uso limitado de recursos o a que el mismo es destinado dentro del

esquema de rotaciones a las zonas de menor aptitud agrícola. En estas nuevas zonas de cultivo existe una mayor incertidumbre en la respuesta que presentarán las variedades, ya que éstas son expuestas a un cambio de ambiente y de manejo. Estos cambios pueden hacer que el cultivo presente diferentes respuestas a nivel de rendimiento y de variables asociadas a la calidad. Por esto es importante determinar cómo interactúan las variedades con el ambiente, tanto para el rendimiento como para la calidad.

b- CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS:

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae. Las que presentan solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, son denominadas cebada de dos hileras (*Hordeum vulgare* L. var. *distichum*), que son empleadas para la obtención de cerveza. Aquellas donde se desarrollan las tres espiguillas son denominadas cebada de seis hileras (*Hordeum vulgare* L. var. *vulgare*); que se utiliza básicamente como forraje para la alimentación animal.

Al igual que en otros cultivos de granos las variaciones en el rendimiento son explicados por los cambios en el número de granos por unidad de área. No se observan en general asociaciones significativas entre el rendimiento y el peso de los granos. En coincidencia con lo descripto en el punto anterior, el componente que mejor explica las variaciones en el número de granos/m² es el número de espigas por unidad de área más que el peso promedio de los granos.

La razón por la cual el número de espigas es el componente que mejor explica las diferencias en el número de granos por unidad de área, por ende el rendimiento del cultivo, está vinculado a la poca flexibilidad que presenta las cebadas de 2 hileras en cuanto a posibilidad de incrementar el número de granos por espiga. A diferencia de trigo, las cebadas presentan espiguillas unifloras (sólo una flor por espiguilla) por lo cual la única estrategia para aumentar el número de granos por unidad de área es incrementar el número de espiguillas fértiles (con el objetivo de aumentar el número de granos por espiga) y el número de espigas

fértiles provenientes de macollos. Si bien la cebada inicia un número potencialmente alto de espiguillas por espiga, muchos de estos primordios no llegan a ser establecidos como fértiles (Arisnabarreta y Miralles, 2006). De hecho entre 30-50% de los primordios de espiguillas mueren por lo que no pueden ser establecidos como flores fértiles a espigazón. Numerosas evidencias demuestran que el número máximo de granos por espiga a cosecha en las cebadas de 2 hileras no es mayor a 30. Por ello, el componente que mayor impacto tiene en la generación del rendimiento es el número de espigas por unidad de área.

Estudios recientes (Arisnabarreta & Miralles, 2008) demuestran que el periodo crítico para la generación del rendimiento en el cultivo de cebada presenta algunas diferencias respecto a trigo ya que en general se ubica algunos días más temprano que lo observado en esta última especie. En el caso de las cebadas de 2 hileras, siendo éstas las que son cultivadas en Argentina, el periodo crítico se ubica entre los 10 y 40 días previos a la espigazón del cultivo. Estos resultados muestran que el periodo crítico de generación de granos por unidad de área en cebada es anterior al descrito en trigo (Fisher, 1985). En cebada el período crítico se extiende de 30 a 40 días antes de la floración y está directamente relacionado con los granos por metro cuadrado (Abeledo et al., 2012).

El periodo crítico de concreción del potencial de rendimiento se ubica en el trigo alrededor del encañado y 10 días posteriores a la floración (Fischer, 1985), mientras que en cebada se encuentra desde el estadio de Zadock 32 -33 hasta Z 65-70 (Hoffman et al., 2002).

El rinde va de la mano del número de granos en un período crítico que se extiende de 30 a 40 días antes de la floración y está directamente relacionado con los granos por metro cuadrado. En cebada, principalmente, se genera un gran número de granos con gran número de espigas. Para ello se necesita generar un importante número de macollos”,

La variables ambientales que afectan la duración del ciclo ontogénico de cebada es similar a lo que se observa en otros cereales: la temperatura, el fotoperíodo y la vernalización (requerimientos de horas de frío) son los principales

factores ambientales que regulan la duración de las etapas ontogénicas del cultivo. En los cultivares de cebada comerciales de difusión actual en Argentina, los factores principales que regulan la duración de las etapas del desarrollo son la temperatura y el fotoperiodo ya que no habría importantes requerimientos de vernalización en estos materiales.

Otros factores, como la nutrición nitrogenada, puede tener efectos en la duración del momento de la espigazón, aunque dichas variaciones son menores a las inducidas por los factores antes descriptos (Arisnabarreta & Miralles, 2004).

El cultivar Scarlett es uno de los más difundidos en nuestro país y en el mundo, acompañado por nuevas variedades de creciente difusión. Esta variedad tiene un muy alto potencial de rendimiento pero suele presentar concentraciones de proteínas excesivamente bajas en los granos (Loewy *et al.*, 2008).

Desde el punto de vista productivo la optimización tanto del rendimiento como de la calidad implica una relación de compromiso entre ambos atributos debido a que suelen ser aspectos contrapuestos (Triboi y Triboi-Blondel, 2002). Fischer *et al.*, (1993), en trigo, determinaron que la relación entre rendimiento y contenido de proteína en grano guarda una estrecha relación con la disponibilidad de N en suelo (Figura 2), pudiéndose distinguir tres fases: (i) una etapa inicial en la que aumentos en el N disponible incrementan el rendimiento del cultivo pero disminuye el contenido de proteína en grano (efecto dilución; fase 1); (ii) una etapa donde el agregado adicional de N incrementa los rendimientos, aunque en forma menos que proporcional a la cantidad de nutriente adicionado (ley de rendimientos decrecientes), mientras que los niveles de proteína en grano se modifican levemente (fase 2) y (iii) la fase 3, en la que aumentos en la disponibilidad de N originan un aumento en la concentración de proteína en grano habiendo alcanzado el rendimiento un valor máximo (Figura 2). A nivel productivo el cultivo explora generalmente las fases 1 a 2; por esta razón se deben buscar genotipos que presenten alta eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) para rendimiento ya que, a campo, un alto rendimiento normalmente está asociado a un bajo contenido de proteína (fases 1 a 2). Este mismo análisis puede hacerse extensivo al cultivo de

cebada (Savin y Aguinaga, 2011); sin embargo, podría especularse que los niveles de disponibilidad de nitrógeno en suelo que optimizan rendimiento y proteína en grano diferirían entre ambos cultivos pero no hay trabajos puntuales sobre el tema.

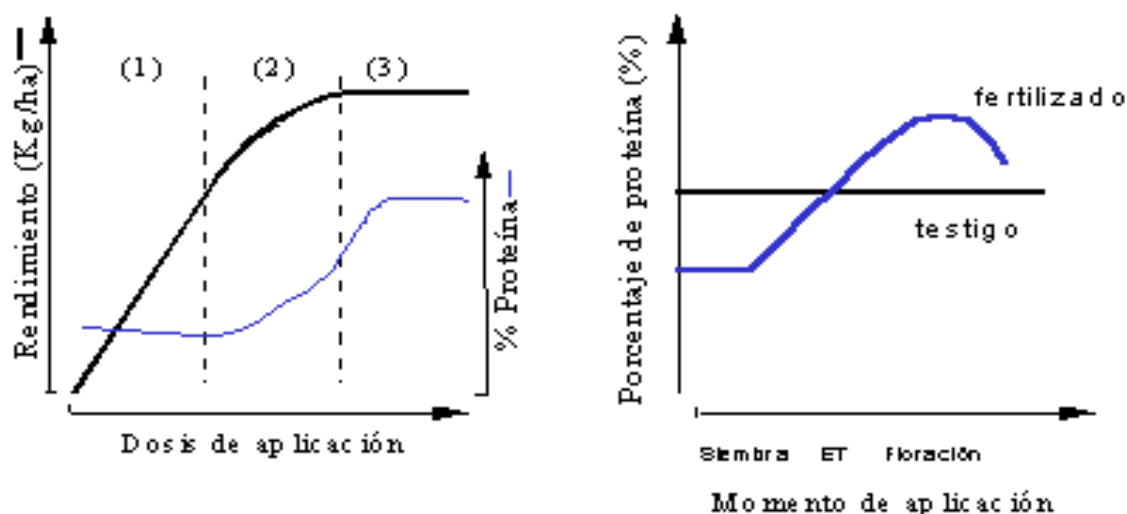


Figura 2. Esquema de la relación entre rendimiento y contenido de proteína en grano en función de la disponibilidad de nitrógeno en suelo. Las líneas punteadas delimitan el rango de condiciones tradicionalmente explorado a nivel productivo. Adaptado de Fischer *et al.*, (1993).

El contenido de proteína en grano puede ser explicado como la resultante de un componente genético y uno ambiental. En cebada existe gran diversidad genotípica en la concentración de proteína presente en los granos a madurez (Passarella *et al.*, 2003). Del componente ambiental, la temperatura durante el período de llenado de grano es uno de los principales factores condicionantes del contenido de proteína en grano (Passarella *et al.*, 2002).

Incrementos en la temperatura durante el período de llenado se relacionan con altos valores de proteína (Passarella *et al.*, 2002). A nivel productivo, variaciones en la temperatura están asociadas a diferencias térmicas entre sitios y para un sitio dado a diferencias en la fecha de siembra y fecha de floración del cultivo.

El número de granos por unidad de superficie en un cultivo de cereales tales como el trigo es resultante del número: (a) de espigas por m^2 , que depende del

macollaje y la supervivencia de macollos, y (b) de flores fértiles por espiga, que depende de la generación y supervivencia de primordios florales (Figura 3). Ambos parámetros presentan alta capacidad compensatoria (Varga *et al.*, 2001) y de su relación surgirá el número de granos por m², uno de los componentes numéricos del rendimiento (Frederick *et al.*, 2001).

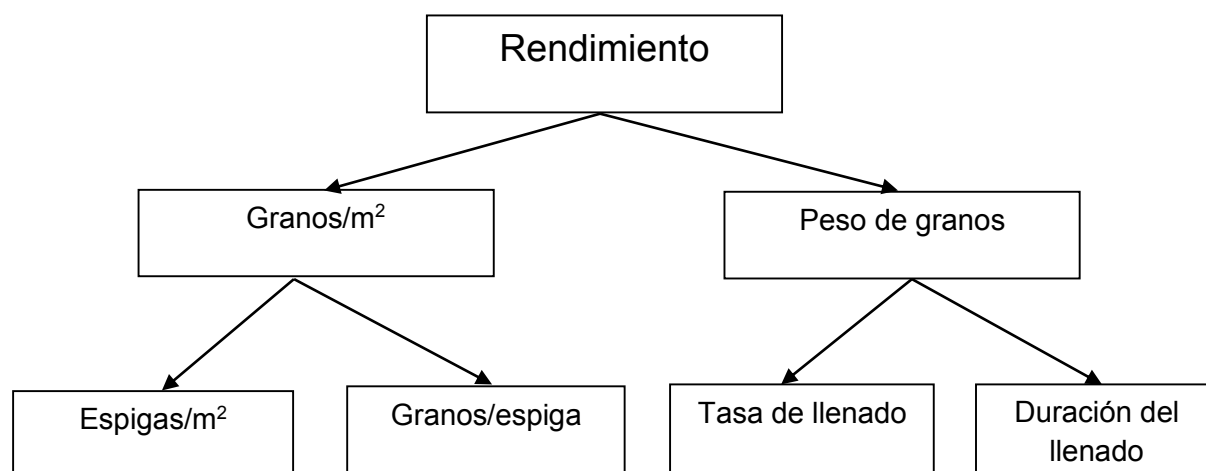


Figura 3. Esquema de los distintos componentes del rendimiento. Adaptado de Slafer *et al.*, 2004.

El segundo componente del rendimiento es el peso de los granos. El peso final del grano es función de la potencialidad genética de cada cultivar y de las condiciones ambientales que determinan la tasa de acumulación de materia seca y la duración del período de llenado. Dentro de un mismo cultivar, los cambios en la tasa son los que explican en mayor medida las modificaciones en el peso final alcanzadas. La mayor parte de las variaciones en el peso de los granos guardan relación con las condiciones ambientales que regulan la expresión de la potencialidad genética de cada cultivar. La temperatura y la disponibilidad hídrica durante el período de llenado son dos de los factores de mayor influencia (Slafer *et al.*, 2004).

A pesar de que el número de granos por m² es la variable que mejor explica el rendimiento, cambios en el peso de los granos pueden afectar el rendimiento final del cultivo una vez establecido el número de granos. A diferencia de este componente, el peso de los granos se define en una etapa acotada del ciclo. Esta etapa está comprendida entre la floración y la madurez fisiológica del cultivo, es decir, cuando cesa la acumulación de materia seca en el grano (Slafer *et al.*, 2004).

En Argentina, la cebada se usa casi exclusivamente para la fabricación de malta, por lo tanto no sólo hay que buscar un buen rendimiento en grano, sino también calidad de la producción. La cebada para industria no debe tener altos contenidos de proteína y el tamaño de los granos (calibre) debe ser grande. Estas dos características están muy relacionadas con la variedad y también con las condiciones del ambiente de producción.

c- FERTILIZACION NITROGENADA Y SU INCIDENCIA EN EL CULTIVO:

El uso de fertilizantes lleva a un aumento de los rendimientos, reduciendo la deficiencia de los elementos esenciales, pero también puede aumentar la salinidad de los suelos o la contaminación de las napas freáticas. En el caso de los fertilizantes nitrogenados, el nitrógeno puede perderse bajo la forma de nitrato, el cual es arrastrado por acción del agua en profundidad y superficialmente (Andriulo, 2010). El consumo de fertilizantes es uno de los indicadores claves de la intensificación y desarrollo agrícola. La producción mundial de fertilizantes aumentó tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Dentro de los fertilizantes comúnmente utilizados en cereales, los más usados son los que aportan N, ya que este elemento afecta directamente los rendimientos y, en la mayoría de los casos, se relaciona con una mejor calidad de los productos (FAO, 2004).

El nitrógeno disponible para los cultivos de cebada comprende el amonio y el nitrato que se encuentran en el suelo a lo largo del ciclo. El cultivo puede absorber el nitrato y el amonio presente en el lote al momento de la siembra: el que se libera

durante el ciclo por mineralización de la materia orgánica y descomposición de los rastrojos del cultivo anterior, y el que se aplica en forma de fertilizante.

La fertilización nitrogenada puede afectar tanto el rendimiento de los cultivos como la calidad de los granos obtenidos. La respuesta a la fertilización nitrogenada depende de la disponibilidad del nutriente en el suelo, el nivel de agua útil acumulada en el mismo en el momento de la siembra, de las condiciones ambientales, características del suelo, clima, enfermedades, de la variedad empleada y de las características de fertilización (dosis, fertilizante empleado, momento de aplicación, etc.). La respuesta de los rendimientos a dosis crecientes de fertilizantes nitrogenados es similar a lo observado en otros cereales (Baethgen *et al.*, 1995; Matthiess *et al.*, 2002; Lázzari *et al.*, 2007). Con dosis excesivamente altas, los cultivos se pueden volcar y el rendimiento puede disminuir (Baethgen, 1992; Perdomo *et al.*, 1999).

La absorción de N por el cultivo está regulada por la disponibilidad en el suelo y por la propia demanda del cultivo. En el caso de la cebada, la absorción de N es lenta durante el macollaje reflejando relativamente la baja velocidad de crecimiento del cultivo. En las últimas etapas del macollaje y durante encañazón la absorción se acelera y llega a sus valores máximos. Durante espigazón y el llenado de los granos la absorción puede seguir a ritmos altos (Luebs & Laag, 1967), puede disminuir (Lázzari *et al.*, 2005) o, incluso, puede observarse una pérdida neta de N del cultivo (Delogu *et al.*, 1998). Lázzari *et al.*, (2001), en el sur de la provincia de Buenos Aires, observaron altos niveles de absorción de N hasta llegar al estado de grano lechoso y luego observarse pérdida neta.

La acumulación de N en el grano es importante porque es uno de los determinantes del contenido proteico del cereal. El N acumulado en el grano puede provenir de la absorción que ocurre durante el llenado, o de la removilización del N que fue acumulado en otros órganos (hojas, tallos, otras partes de la espiga) antes de la floración (fenómeno conocido como retraslocación). En situaciones de deficiencias moderadas de N, hasta el 80% del N en las plantas durante floración puede encontrarse en el grano a la cosecha (Delogu *et al.*, 1998; Przulj & Momcilovic, 2001). Por lo tanto, es importante destacar que el contenido proteico de

los granos se encuentra determinado tanto por el N que se absorbe antes como por el que se absorbe después de espigazón.

En la provincia de Buenos Aires, luego de tres años de ensayos de fertilización nitrogenada en cultivos de cebada cervecera var. Quilmes Palomar, se observó que la aplicación de N incrementó los rendimientos y ésta respuesta estuvo asociada a la disponibilidad de agua y a la dinámica del N edáfico en los diferentes suelos (Lázzari *et al.*, 2007). Se determinó también que a la cosecha queda en el suelo una cantidad apreciable de N residual (Lázzari *et al.*, 2001).

En la actualidad, la difusión de variedades con alto potencial de rendimiento como Scarlett, Quilmes Ayelén o B1215, con altos requerimientos nutricionales determinan que el déficit de nutrientes represente un factor cada vez más limitante de la producción. En Argentina, no se dispone de métodos de diagnóstico ajustados para la fertilización de cebada cervecera, por lo que habitualmente se usan los métodos empleados para trigo (Prystupa, 2006).

Las nuevas variedades de cebada cervecera que se lanzaron al mercado presentan una mayor respuesta a la aplicación de nitrógeno (Prystupa, 2005), las cuales se relacionan con un avance en la capacidad de fijación de granos por unidad de superficie. Bajo esta condición, la producción de cebada en ambientes con estrés puede determinar efectos adversos sobre la calidad de los granos cosechados (Ross *et al.*, 2010). La ocurrencia de estrés durante el llenado de los granos produce incrementos en la concentración de proteína de los mismos (Rausch *et al.*, 2003; Prystupa, 2005; Prystupa, 2006; Ross *et al.*, 2010). Además, provoca una reducción del peso individual del grano, cuya magnitud está relacionada a la limitación durante el llenado de los mismos (Ross *et al.*, 2010). Este efecto es de radical importancia porque el calibre alcanzado por los granos se relaciona directamente con el peso por grano. Por consiguiente, en los ambientes con mayores limitaciones el impacto negativo de la fertilización nitrogenada sobre el calibre del grano es notoriamente superior (Ross *et al.*, 2010).

Estos conceptos ponen de manifiesto la necesidad de realizar un diagnóstico de los niveles de fertilización nitrogenada requeridos según la capacidad del ambiente. Además, la agricultura va incrementando la demanda de información sobre indicadores de sitio, evaluaciones *in situ* y toda información sobre mecanismos e interacciones del cultivo con el ambiente y el manejo.

La aplicación de altas cantidades de nitrógeno, dividida, o la fertilización en estadios avanzados del cultivo producen incrementos en los contenidos proteicos (Prichard *et al.*, 1996).

Es importante tener en cuenta que el momento de aplicación del fertilizante nitrogenado puede afectar también la eficiencia de su uso. Este es un parámetro que no debería descuidarse ya que una aplicación ineficiente de N significa no sólo una pérdida económica para el productor, sino que puede deteriorar la calidad del medio ambiente, por contaminación del agua subterránea (Smith *et al.*, 1997).

La eficiencia agronómica en el uso del nitrógeno puede ser expresada como los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor es dependiente del potencial genético del cultivar, de la proporción de N disponible que es absorbido por el cultivo y por las pérdidas que ocurran durante el ciclo. La disponibilidad de agua es un factor que limita la absorción de N.

Las prácticas agrícolas que tiendan a aumentar la eficiencia de uso del N, favorecerán la reducción de estos efectos negativos.

d- FERTILIZACIÓN FOLIAR: “NUEVA TECNOLOGÍA”

La fertilización foliar (FF) es una técnica de nutrición instantánea que aporta elementos esenciales a los cultivos, solucionando la deficiencia de nutrientes mediante la pulverización de soluciones diluidas aplicadas directamente sobre las hojas. Se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, por favorecer, además, el buen desarrollo de los cultivos y mejorar el rendimiento y la calidad del producto obtenido.

Aunque la FF no sustituye a la fertilización tradicional de los cultivos, es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para completar los requerimientos

nutricionales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo.

Las principales ventajas de la FF son:

- Nutrir al cultivo en momentos críticos
- Solucionar deficiencias de micronutrientes
- Aportar nutrientes a los cultivos en condiciones de inmovilización temporal en el suelo
- Independizar de las condiciones ambientales a la disolución y transformación de los fertilizantes en el suelo
- Aumentar la eficiencia de absorción de nutrientes
- Evitar pérdidas por lixiviación o volatilización

La FF en cultivos extensivos puede realizarse con la siguiente finalidad:

1. Proveer micronutrientes con el objetivo de incrementar los rendimientos.
2. Suministrar pequeñas cantidades de macro o micronutrientes en estados fenológicos de elevada demanda nutricional, haciendo así una suplementación estratégica del cultivo.
3. Incorporar N en etapas cercanas o durante el período reproductivo, con el objetivo de incrementar la calidad del producto cosechado.

La aplicación de alta dosis de nitrógeno dividida, o la fertilización en estados avanzados del cultivo producen incrementos en los contenidos proteicos. Las fertilizaciones tardías, cercanas a la antesis, cuando el número de granos ya está definido, tienden a incrementar el contenido proteico de los granos en los cultivares de alto potencial de rendimiento (Arango *et al.*, 1991; Sarandón y Gianibelli, 1992).

La FF nitrogenada es una técnica ampliamente difundida en otros países. En nuestras condiciones de producción, la aplicación de nitrógeno foliar durante espigazón-antesis podría ser una alternativa para aumentar el contenido de proteínas de los granos, complementado las fertilizaciones nitrogenadas

convencionales realizadas entre siembra y macollaje (Prystupa, 2007; Bergh *et. al.*, 2000; Loewy *et al.*, 2008).

e- CALIDAD DEL CULTIVO:

La calidad de los granos puede ser definida tanto por características que distinguen o identifican algún atributo determinado como por la magnitud de alguno de estos atributos (Savin y Sorlino, 2003). Estas variables en general se refieren a características físicas y químicas que pueden ser modificadas por diversas interacciones con el ambiente.

El concepto de calidad depende del criterio especificado con relación al mercado y la industria que utilice el grano. Es un criterio dinámico que se modifica en el tiempo con los distintos usos y necesidades de cada región o país y con los cambios que en ellos pueden ocurrir de acuerdo a nuevos conocimientos o criterios de evaluación (Savin y Sorlino, 2003).

Un importante aspecto a considerar cuando se comparan diferentes cultivares de un mismo grupo de calidad es que habitualmente se encuentra una relación negativa entre el rendimiento en grano y el porcentaje de proteínas de los mismos. Sin embargo, estas relaciones negativas tienen un amplio rango de dispersión y pueden ser subsanadas mediante algunas alternativas de manejo, entre ellas la FF nitrogenada, que permiten cumplir con los requisitos de calidad sin que por ello se comprometa el objetivo de aumentar el rendimiento (Savin y Sorlino, 2003).

Dado que en Argentina el principal destino del cultivo de cebada es la industria maltera-cervecera es de suma importancia la calidad del producto cosechado, además de su rendimiento, ya que en base a estos parámetros se forma el precio que recibe el productor. Existen varios indicadores de calidad para el cultivo, algunos de origen comercial y otros de origen industrial.

- **Calidad comercial**

Los parámetros de origen comercial son aquellos que están considerados en las normas de comercialización de cebada (CACBUE, 2010). Dentro de éstos, los más importantes son el porcentaje de proteína y el calibre de los granos. De acuerdo a las normas de comercialización, el contenido de proteína debe tener un valor mínimo de 10% y un valor máximo de 12% (aunque dichos estándares pueden presentar fluctuaciones entre años).

Uno de los principales parámetros de calidad comercial del grano es su uniformidad y su tamaño. El calibre de los granos se cuantifica a través del porcentaje de granos que no atraviesa una zaranda de 2,5 mm. Las normas establecen que dicho porcentaje debe ser como mínimo del 85 % (porcentaje denominado de primera calidad) (CACBUE, 2010). Existe una relación positiva asintótica entre el peso del grano y el porcentaje de granos de primera calidad, o sea que a medida que el peso del grano aumenta es mayor el calibre de los mismos (Passarella *et al.*, 2003). Esto es importante para la calidad maltera y para asegurar uniformidad en la tasa de germinación de la partida. El calibre de los granos condiciona el porcentaje de proteína ya que altos calibres se relacionan con partidas de granos que presentan bajos porcentajes de proteína (Passarella *et al.*, 2002).

- **Calidad industrial**

Los indicadores de calidad industrial son aquellos que afectan el proceso de malteado. En este proceso lo principal es la homogeneidad de los lotes, ya que de esto dependerá el posterior proceso a realizar. Parámetros de calidad malteros son: extracto de malta, friabilidad de la malta, contenido de nitrógeno en el grano malteado, índice Hartong y poder diastásico (Fishbeck, 2002).

Las sustancias nitrogenadas tienen una gran influencia en la calidad de la malta obtenida, ya que influye en el gusto, en el mantenimiento de la estabilidad de la espuma y en la nutrición de las levaduras. Los granos de cebada destinados a maltería deben poseer un contenido de proteínas que sea mayor a 10% y menor a

12% (Méndez *et al.*, 2009) y un elevado porcentaje de granos gruesos y enteros (Bragachini y Peiretti, 2009). Los granos con contenidos de proteínas menores al 10% limitan el crecimiento de las levaduras encargadas de la fermentación en el proceso de producción de cerveza (Arias, 1991). Por otra parte, contenidos de proteínas excesivamente elevados (superiores a 12,5%) disminuyen el rendimiento de la malta en la cervecería, ya que aumentan la proporción de proteínas de alto peso molecular generando turbidez en la cerveza y perjudicando el sabor (Briggs *et al.*, 2004; García del Moral *et al.*, 1998; Arias, 1991).

Teniendo en cuenta el calibre mayor de 2,5 mm, el porcentaje subió del 70% que se obtenía en la década del 70 a aproximadamente 85% en la última década, que se traduce en un considerable ahorro de tiempo y dinero para las malterías. En estos últimos 10 años también ha sido importante el avance en cuanto a calidad maltera. De las variedades que producían 76-77% de extracto final se ha pasado a alrededor de 80-81%, lo que ha mejorado la eficiencia económica de las cervecías. Incluso con las últimas variedades registradas es factible obtener niveles de extracto de 82-83%. También se ha avanzado mucho en otros parámetros de calidad como viscosidad y friabilidad, entre otros.

La necesidad de combinar aspectos agronómicos y de calidad industrial hace a la cebada cervecera un cultivo dificultoso y complejo para trabajar en el mejoramiento genético.

Cada grano individual es en sí mismo una fábrica que inicia su proceso al ser humedecido y que desata una larga cadena de variados procesos bioquímicos hasta llegar a transformarse en malta. También es complejo el manejo del cultivo y la obtención de nuevas variedades, debido a que cada vez existen más compradores en el mercado internacional que piden malta de determinadas variedades comerciales. Por esta razón cuesta mucho imponer en el mercado las nuevas variedades, ya que sólo son aceptadas después de varios años de demostrar sus altas cualidades.

HIPÓTESIS:

La FF nitrogenada en espigazón, como complemento de una fertilización de base, mejora los parámetros relacionados con la calidad de los granos de cebada cervecera de la variedad Scarlett para uso industrial.

OBJETIVOS GENERALES:

- Estudiar el efecto de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado aplicado en forma foliar sobre los componentes del rendimiento, contenido de proteína, tamaño del grano y el poder germinativo en cebada cervecera.
- Contrastar las respuestas del cultivo de cebada cervecera a la FF nitrogenada y fertilización convencional evaluando parámetros de rendimiento (peso de los mil granos) y calidad de grano (% de proteína, calibre, poder germinativo).

OBJETIVOS PARTICULARES:

Evaluar la Eficiencia del Uso del Nitrógeno (EUN) en el cultivo de cebada sometido a la FF nitrogenada respecto a la fertilización convencional realizada en la siembra y macollaje.

Comprobar cuánto nitrógeno aplicado fue movilizado y acumulado en los granos cosechados para determinar la viabilidad y sustentabilidad de dicha práctica agronómica.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se realizó un ensayo en el Establecimiento Agropecuario “La Esperanza”, ubicado a 8 km al Este del pueblo de Valdés, Partido de 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires. El establecimiento es propiedad de Sirico, Bruno Pascual.

Se cultivó cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L. var. distichum) var. Scarlett, en un tipo de suelo Hapludol Típico.

Características de manejo y tipo de suelo del ensayo realizado: En el establecimiento se hace rotación de cultivos principalmente maíz, soja de primera y trigo-soja de segunda, para luego de tres años volver a maíz.

La historia del lote en el cual fue realizado el ensayo presenta la secuencia que se detalla a continuación: campaña 07-08: soja de primera; 08-09: cebada-soja de segunda; 09-10: maíz; 10-11: soja de primera y 11-12: cebada.

La preparación del lote se basó en realizar un barbecho químico con glifosato+metsulfuron-metil a razón de 1kg ha^{-1} y $7,5\text{ g ha}^{-1}$, respectivamente, el 10 de junio del 2011.

La siembra se realizó bajo el sistema de SD (siembra directa) con una sembradora modelo Schiarretekno-electro, utilizada en forma de arrastre el día 7 de julio del 2011.

El marco de plantación fue el utilizado normalmente en la zona, con una distancia entre líneas de 17,5 cm y una densidad de siembra de $250\text{ plantas.m}^{-2}$. La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 7 hileras de 7 m de largo, distanciadas a 0,175 m ($7\text{ m} \times 1,225\text{ m}$).

Para realizar el control de malezas durante el cultivo se empleó el herbicida selectivo sistémico 2,4 D que se aplicó el día 5 de octubre del 2011, a razón de $500\text{ cm}^3.\text{ha}^{-1}$ más $50\text{ cm}^3.\text{ha}^{-1}$ de humectante en 80 L ha^{-1} de agua.

Análisis del suelo: Previo a la siembra se tomaron muestras de suelo (0-25 cm de profundidad) del lote donde se realizó el ensayo para efectuar el análisis correspondiente. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características físico-químicas de las muestras de suelo extraídas antes de realizar la siembra del cultivo.

VALORES DE LA MUESTRA		VALORES DE REFERENCIA		
		BAJO	MEDIO	ALTO
Materia orgánica (%)	2,6	De 0 a 2,5	2,5 a 3,5	Más de 3,5
pH hidrolítico	5,7	Hasta 5,5	5,5 a 7	Más de 7
Fósforo Bray (ppm)	25,9	De 0 a 10	10 a 18	Más de 18
Nitrógeno (%)	0,110	De 0 a 0,13	0,13 a 0,20	Más de 0,20
Relación C/N (carbono/nitrógeno)	13,7			
N-NO ₃ ⁻ (ppm)	38	De 40 a 45	45 a 75	Más de 75

Se realizaron cuatro tratamientos (T) de fertilización siguiendo un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.

Descripción de los tratamientos y las dosis de Nitrógeno empleados:

- Tratamiento 1: TESTIGO, UREA (60 kg ha⁻¹ a la siembra)+UREA (100 kg ha⁻¹ al macollaje).
- Tratamiento 2: T1+ *Fertilización foliar BASFOLIAR® 36 EXTRA (36-0-0+ (3MgO)+ME) 4 L ha⁻¹ en espigazón.
- Tratamiento 3: T1+ *Fertilización foliar BASFOLIAR® 36 EXTRA (36-0-0+ (3MgO)+ME) 6 L ha⁻¹ en espigazón.
- Tratamiento 4: T1+ *Fertilización foliar BASFOLIAR® 36 EXTRA (36-0-0+ (3MgO)+ME) 8 L ha⁻¹ en espigazón.

La aplicación de urea se realizó al voleo en dos oportunidades: el 6 de julio en el momento de la siembra, y el 27 de agosto en el estado de macollaje, utilizando una fertilizadora de doble discos. Luego se efectuó la demarcación de las parcelas. Para los T2, T3 y T4, se aplicó el fertilizante foliar (FF) en el estado de espigazón

(emergencia de la inflorescencia completa, Z 59 en la escala de Zadoks) el 31 de octubre del 2011. El fertilizante foliar se aplicó utilizando una pulverizadora manual.

Las condiciones ambientales al momento de la aplicación fueron las siguientes: temperatura 18,4 °C; sensación térmica 18,4 °C; humedad relativa 37 %; presión atmosférica 1015,5 hPa y el viento en dirección Sud-Este de 8,6 km/h.

Tal como fue indicado previamente, como fertilizante foliar se utilizó el producto comercial BASFOLIAR® 36 EXTRA (36-0-0+(3MgO)+ME). Las características del mismo se detallan a continuación:

COMPOSICIÓN QUÍMICA:

Nitrógeno	36 % N p/v
Magnesio	2,4 % Mg p/v
Boro	0.02 % B p/v
Cobre	0,26 % Cu p/v
Hierro	0,02 % Fe p/v
Manganeso	0,6 % Mn p/v
Molibdeno	0,007% Mo p/v
Zinc.....	0.013% Zn p/v

ANÁLISIS FÍSICO:

APARIENCIA: Líquido de color específico y olor característico

pH: 5,7 a 20°C

DENSIDAD a 20°C: 1,345 g/cm³

TOXICIDAD: NO TÓXICO, NO INFLAMABLE, NO CORROSIVO y NO PELIGROSO

ENVASES: BIDONES PLÁSTICOS DE 20 L

Determinación de la calidad de las semillas utilizadas:

Se determinó el poder germinativo (PG) y la energía germinativa (EG) de las semillas empleadas y se trataron con un fungicida sistémico para evitar el ataque o proliferación de hongos.

El PG se realizó en cajas de Petri, donde fueron colocadas 100 semillas sobre papel de filtro húmedo y se llevaron a estufa de crecimiento a 28 °C. Se efectuaron 4 repeticiones.

La EG se determinó mediante el registro de las horas transcurridas en las cuales fue observada la germinación del 50% de la totalidad de las semillas germinadas.

Se determinó la viabilidad de las semillas mediante la prueba del trifeniltetrazolium (1%) sobre 10 semillas de cebada tomadas al azar, con dos repeticiones.

La emergencia de plántulas (EP) fue analizada utilizando bandejas de plástico rellenas con tierra, donde se efectuó la siembra de 50 semillas a 3 cm de profundidad. Las bandejas fueron colocadas en cámaras de crecimiento a 28 °C y adicionando agua a demanda. Fueron realizadas 4 repeticiones de esta determinación.

El peso de mil granos (PMG) se cuantificó tomando muestras al azar de semillas de cebada, eliminando impurezas y granos partidos. Se efectuaron grupos de 1000 semillas que fueron pesadas en balanza analítica de precisión.

Determinaciones realizadas durante el ensayo:

Durante el desarrollo del cultivo fueron registrados los distintos estados fenológicos según la escala de Zadoks, así como los datos climáticos y precipitaciones.

Las precipitaciones mensuales se registraron mediante un pluviómetro situado en el establecimiento, y las precipitaciones medias históricas se solicitaron a la base de datos registrados por el Servicio Meteorológico de 25 de Mayo y 9 de Julio, al igual que las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales.

- Parámetros fenológicos del cultivo de acuerdo a la escala de Zadoks:

Tabla 2. Escala fenológica (Zadoks, Chang y Konzak, 1974)

0	Germinación	45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
07	Emergencia del coleoptilo	47	Vaina de la hoja bandera abierta
09	Hoja en el extremo del coleoptilo	49	Primeras aristas visibles
1	Crecimiento de la planta	5	Emergencia de la inflorescencia
11	Primer hoja desarrollada	51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visible
12	Dos hojas desarrolladas	55	Mitad de la inflorescencia emergida
13	Tres hojas desarrolladas	59	Emergencia completa de la inflorescencia
14	Cuatro hojas desarrolladas	6	Antesis (es centripeta)
2	Macollaje	61	Comienzo de antesis
21	Un tallo principal y un macollo	65	Mitad de antesis
23	Un tallo principal y tres macollos	69	Antesis completa
25	Un tallo principal y cinco macollos	7	Grano lechoso
27	Un tallo principal y siete macollos	75	Medio grano lechoso
3	Elongación del tallo	77	Grano lechoso avanzado
31	Primer nudo detectable	8	Grano pastoso

32	Segundo nudo detectable	83	Comienzo de grano pastoso
33	Tercer nudo detectable	87	Pastoso duro
37	Hoja bandera visible	9	Madurez
39	Lígula de hoja bandera visible	91	Cariopse duro (difícil de dividir)
4	Preemergencia floral	92	Cariopse duro (no se marca con la uña)
41	Vaina de la hoja bandera extendida		

Al estado de madurez comercial se realizó la cosecha manual de las espigas, correspondientes a un metro lineal por bloque, el 14 de diciembre de 2011. Las mismas se trillaron y fueron analizadas en la Cátedra de Cereales de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP) y en el INFIVE (Instituto de Fisiología Vegetal - CONICET).

Parámetros del cultivo evaluados:

- Rendimiento en grano y sus componentes:

Plantas por m².

Espigas por planta.

Espigas por m².

Granos por espiga.

Peso de mil granos (PMG).

Para la determinación del número de granos por espiga se utilizó una zaranda de alambre tejido con marco de madera que acompañada de una manopla de

madera con su superficie inferior de goma permite trillar manualmente las espigas de manera individual.

- Parámetros de calidad del grano:

Proteínas por Método Kjeldahl (AACC, 1995. Método 46-11 A).

Calibre: Método de tamices calibrados (tamices de 2,8; 2,5 y 2,2 mm).

Poder Germinativo.

Energía Germinativa.

Sobre la base de los rendimientos en grano obtenidos se calculó la eficiencia agronómica de uso del N (EUN) del fertilizante sólido (urea) + foliar, y del foliar. La EUN del fertilizante sólido + el foliar se cuantificó mediante el cociente entre la variación de rendimiento del testigo y el fertilizante foliar / el N agregado como fertilizante foliar para cada dosis. El mismo procedimiento se utilizó para calcular el EUN expresada en kg de proteína kg^{-1} de N teniendo en cuenta los valores de % de proteínas.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA). La determinación de las diferencias mínimas significativas se realizó empleando la prueba de LDS ($p < 0,05$), por medio del programa Statgraphics plus versión 3.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Parámetros Generales

Registro climático:

En la Tabla 3 se detallan las precipitaciones y temperaturas registradas durante el año en que se realizó el ensayo: 2011.

Tabla 3. Datos climáticos del año 2011 y su comparación histórica entre 1961-1990.

	Lluvias (mm)		Temperaturas °C					
			Media		Máxima		Mínima	
	Mensual	Histórica	Mensual	Histórica	Mensual	Histórica	Mensual	Histórica
Enero	176	128	-	23,6	-	30,4	-	16,4
Febrero	47	121	-	22,3	-	29,1	-	15,7
Marzo	48	138,3	-	19,7	-	26,3	-	13,7
Abril	28	101,5	16,4	16,1	29,1	22,9	4,5	10,5
Mayo	120	47,3	13	12,5	26	18,8	1,4	7,5
Junio	32	39,6	9,5	9,3	21,7	14,9	-1,5	4,5
Julio	70	43,9	8,7	9,3	21,9	15	-3,3	4,4
Agosto	12	44,6	9,9	1,6	26	16,9	-2,7	5,1
Septiembre	65	65,3	14,7	13,3	29,8	19,5	1,3	6,8
Octubre	82	110	15,9	16	31,8	22,1	4,8	9,9
Noviembre	175	103,9	20,5	19,5	35,2	25,9	8,2	12,7
Diciembre	25	110,3	21,9	22,4	34,4	29,2	6,5	15,1
Total	880	1053,7						

Las precipitaciones mensuales registradas durante la campaña 2011 fueron muy dispares en comparación al registro histórico (1961-1990). Al momento de la implantación la disponibilidad hídrica fue muy buena, decayendo durante la etapa de macollaje. En la última etapa del cultivo se registraron precipitaciones que superaron los promedios históricos lo que favoreció al llenado de granos. Lo mismo ocurrió con las temperaturas máximas y mínimas siendo muy distintas a la serie histórica, teniendo las temperaturas máximas más altas y mínimas por debajo de cero grado.

El régimen de heladas durante el año 2011 fue de 45 heladas durante todo el periodo, que comenzó el 18 de abril con la primera helada y finalizó el 13 de septiembre, de las cuales 20 fueron de elevada intensidad mientras que las restantes se clasificaron como de mediana intensidad. Las heladas de mayor

intensidad abarcaron principalmente los últimos días de junio y primeros 10 días de julio coincidiendo con la etapa de implantación del cultivo.

Análisis de las semillas:

Se determinó previo a la siembra el PG, EG, la viabilidad, el PMG y la EP bajo condiciones controladas de laboratorio.

Tabla 4. Valores del PG de semillas de cebada var. Scarlett.

Caja de Petri	1	2	3	4
PG	91	88	92	87
Promedio	89,5 %			

El Test de Viabilidad realizado mediante la prueba del trifenil-tetrazolium (TTC) se realizó para determinar la viabilidad de las semillas y el mismo dio positivo (100%).

Figura 4. Porcentaje de germinación (%) de semillas de cebada var. Scarlett en función del tiempo de imbibición.

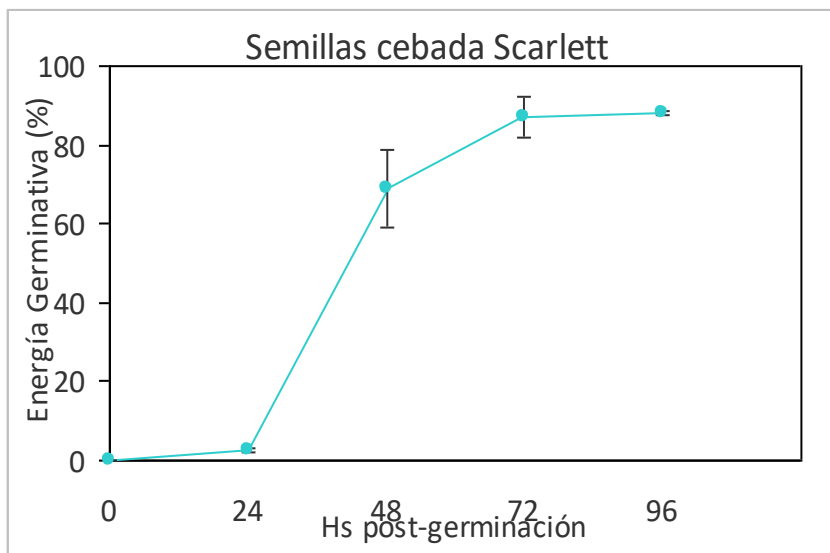
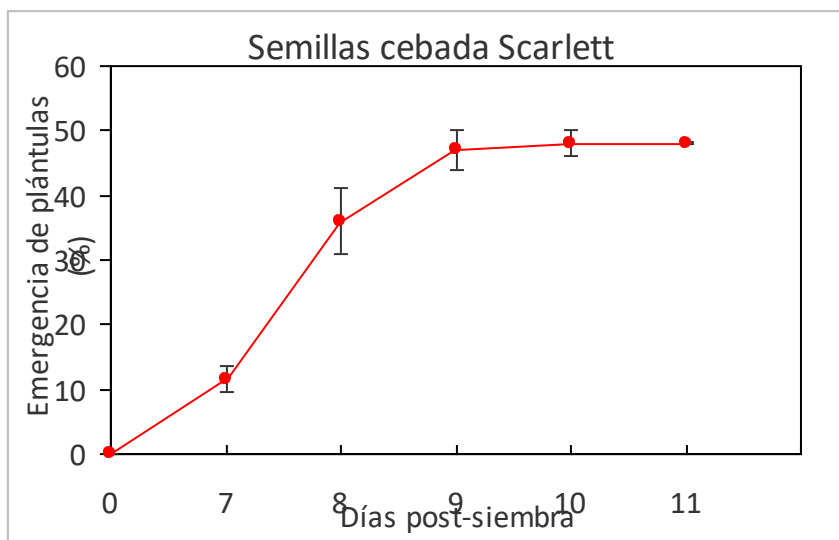


Figura 5. Porcentaje (%) de emergencia de plántulas de cebada var. Scarlett.



El PMG determinado fue de 42 gramos. El % de impurezas de 1,13 %, detectándose la presencia de granos de trigo, glumas y semillas partidas.

Registro fotográfico de la fenología del cultivo siguiendo la escala de Zadoks, Chang and Konzak (1974).

Emergencia de plántulas (Z 07).

El estadio Z07 fue registrado 21 días desde la siembra (dds).



Estado de macollaje. Un tallo principal y un macollo (Z 21).

Estadio Z 21 se registró 55 dds.



Un tallo principal y tres macollos (Z 23).

Estadio Z 23 se registró 74 dds.



Lígula de hoja bandera visible (Z 39).

Estadio Z 39 se registró 104 dds.



Estado de floración. Mitad de la inflorescencia emergida (Z 55).
 Estadio Z 55 se registró 116 dds.



Grano lechoso avanzado (Z 77) y comienzo de grano pastoso (Z 83).
 Estadio Z 83 se registró 130 dds.



Estado de madurez comercial. Cariopse duro difícil de dividir (Z 91).
Estadio Z 91 se registró 144 dds.



Madurez de cosecha: 161 dds.



Análisis de los componentes del rendimiento:

Plantas por m²:

El promedio de plantas por metro lineal fue de 44,4 plantas lo que representa una población de 245 plantas por metro cuadrado.

Analizando este componente se podría decir que se encuentra dentro de los rangos de población recomendados para la implantación del cultivo.

Espigas por m²:

Al momento de la cosecha se contaron las espigas por metro lineal tomando las muestras de las hileras centrales de cada parcela. Se observó un aumento en el número de espigas por m² para T3 y T4 con respecto a T1 y T2 pero sin registrarse diferencias significativas entre tratamientos (Figura 6).

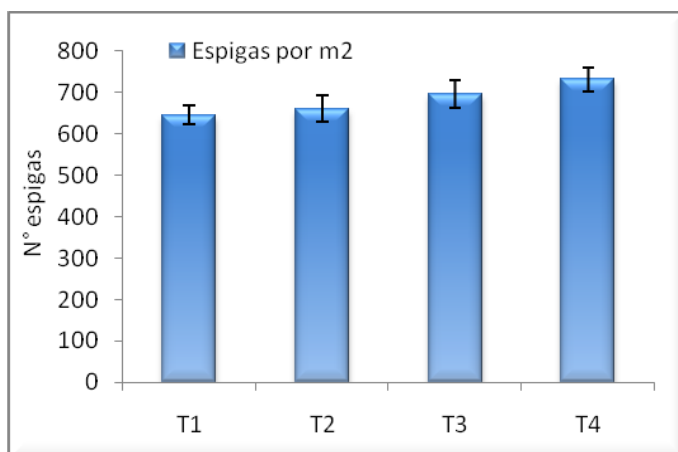


Figura 6. Número de espigas por m² en cultivo de cebada cervecera. T1: Urea (60 kg ha⁻¹ a la siembra)+Urea (100 kg ha⁻¹ al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 4 L ha⁻¹ en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 6 L ha⁻¹ en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 8 L ha⁻¹ en espigazón.

Resultados de ANOVA para espigas por metro cuadrado

Tratamientos	Espigas.m ⁻²
1	645,71 a
2	660,07 a
3	695,71 a
4	731,42 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Granos por espiga:

El número de granos por espiga presentó aumentos significativos en T2 respecto a los otros T evaluados. La aplicación de mayores dosis de FF no tuvieron efectos significativos en este parámetro (Figura 7).

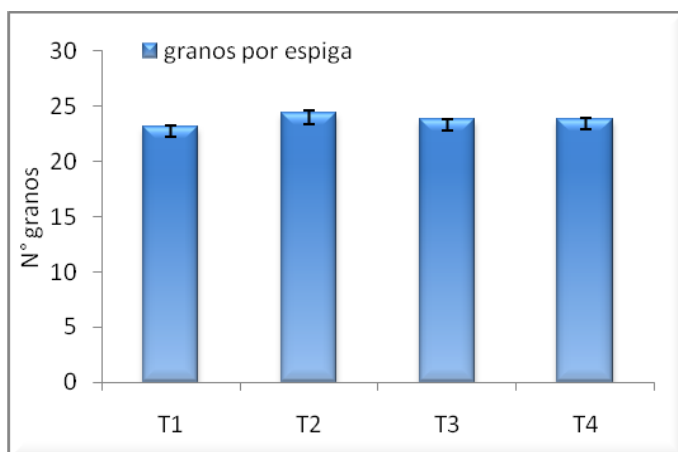


Figura 7. Número de granos por espiga en cultivo de cebada cervecera. T1: Urea ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a la siembra)+Urea ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA $4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA $6 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA $8 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en espigazón.

Resultados de ANOVA para granos por espiga

Tratamientos	Granos por espiga
1	23,9 ab
2	24,2 a
3	23,8 b
4	23,7 b

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Espigas por planta:

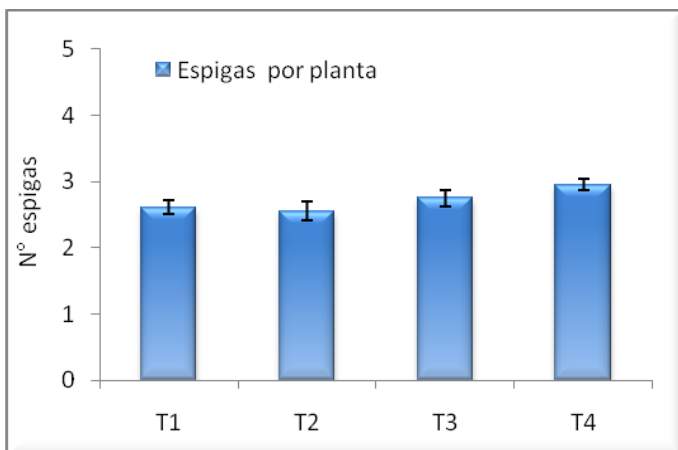


Figura 8. Número de espigas por planta en cultivo de cebada cervecera. T1: Urea ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a la siembra)+Urea ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA $4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA $6 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA $8 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en espigazón.

Resultados de ANOVA para Espigas por planta

Tratamientos	Espigas por planta
1	2,61 ab
2	2,50 ab
3	2,80 a
4	2,95 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Peso de mil granos:

El PMG registró incrementos significativos en T4 respecto a T1. La incorporación de $8 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ produjo granos de mayor peso respecto a los otros tratamientos realizados (Figura 9).

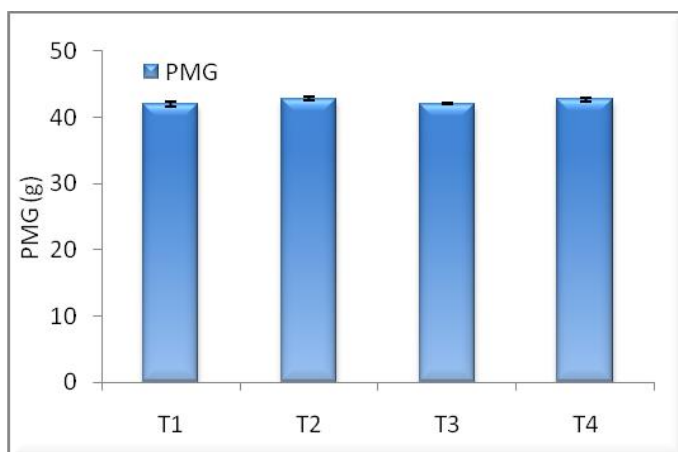


Figura 9. PMG de cebada cervecera. T1: Urea (60 kg.ha⁻¹ a la siembra)+Urea (100 kg.ha⁻¹ al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 4 L.ha⁻¹ en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 6 L.ha⁻¹ en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 8 L.ha⁻¹ en espigazón.

Resultados de ANOVA para PMG

Tratamientos	PMG
1	42,03 b
2	42,76 ab
3	42,81 ab
4	43,63 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Rendimiento en grano:

El rendimiento en grano promedio obtenido en este ensayo fue superior al rendimiento medio real a nivel país. En la campaña 2011 el rendimiento medio nacional para el cultivo de cebada cervecera fue de 3655 kg.ha⁻¹ (MAGyP, 2010) (Figura 10). Esta diferencia puede deberse a que los ensayos se realizaron en ambientes de productividad media a alta. Debe considerarse también que los

ensayos fueron cosechados a mano, lo cual reduce las pérdidas de cosecha. A nivel país, las pérdidas promedio de cosecha en el cultivo de cebada han sido cuantificadas en 126 kg.ha⁻¹ (cerca del 5% del rendimiento medio nacional) (Bragachini *et al.*, 2006).

Las condiciones ambientales que se dieron en el período del ensayo (temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y precipitaciones) fueron relativamente adecuadas para la implantación y crecimiento del cultivo. En este sentido, se registraron precipitaciones durante el ciclo del cultivo de 429 mm, siendo dispares con los datos históricos. Durante el período que corresponde a floración y llenado de granos hubo una distribución de precipitaciones abundantes y homogéneas lo que se relacionaría con los altos rendimientos en grano registrados. El registro de temperaturas demuestra que son dispares cuando se las compara con las históricas, siendo las máximas más altas y las mínimas más bajas, determinando condiciones favorables durante todas las etapas del cultivo sin limitantes. El registro de heladas indica que la fecha de ocurrencia de la última, corresponde a una etapa del cultivo en que no se ve afectado.

Estos factores ambientales consociados con la cosecha manual favorecieron los altos rendimientos en grano obtenidos en este ensayo.

El rendimiento del cultivo aumentó en función del nitrógeno disponible. Se obtuvieron rendimientos de 6193,4; 6715,9; 6905,8 y 7464 kg ha⁻¹, para T1, T2, T3 y T4, respectivamente. La fertilización foliar aumentó el rendimiento para todas las dosis empleadas aunque sólo se observaron diferencias significativas en T3 y T4 con respecto a T1, donde el rendimiento en grano aumentó un 18%. En este ensayo el PMG fue el componente que determinó el aumento en el rendimiento.

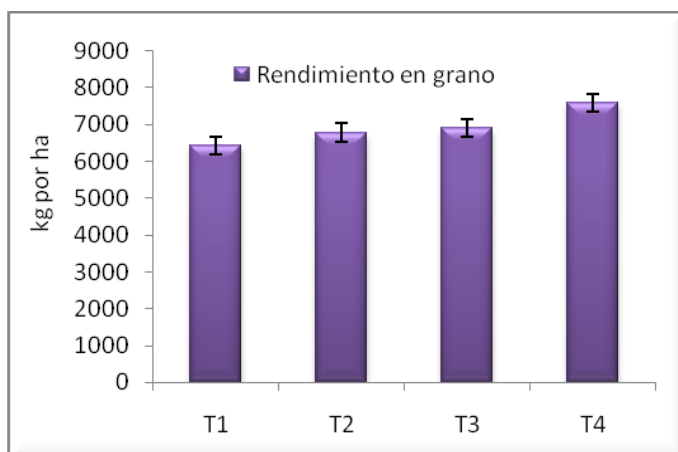


Figura 10. Rendimiento de cebada cervecera. T1: Urea (60 kg.ha⁻¹ a la siembra)+Urea (100 kg.ha⁻¹ al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 4 L.ha⁻¹ en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 6 L.ha⁻¹ en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 8 L.ha⁻¹ en espigazón.

Resultados de ANOVA para porcentaje rendimiento en grano

Tratamientos	REND
1	6193,4 c
2	6415,9 cb
3	6905,8 ab
4	7464 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Los resultados del presente trabajo demuestran el alto potencial de rendimiento de la cebada, aspecto que no siempre se refleja a campo ya que tradicionalmente es un cultivo destinado a los lotes de menor productividad en comparación con el cultivo de trigo. La disponibilidad de nitrógeno durante la etapa de llenado del grano es un condicionante para incrementar la cosecha de granos y de proteínas por hectárea.

Como se mencionó anteriormente, el ensayo fue conducido en un lote de alta a mediana productividad lo que favoreció la respuesta a la fertilización. Esto coincide con Loewy *et al.*, (2008) quienes trabajando con el cultivar Scarlett concluyeron que los sitios con mejores respuestas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados fueron aquellos con potencial de rendimiento alto o intermedio.

El contenido de nitrógeno disponible en el suelo antes de efectuar la siembra era bajo tal como se muestra en la Tabla 1. La FF nitrogenada efectuada en este ensayo resultó beneficiosa para estimular el rendimiento obtenido.

PARAMETROS DE CALIDAD:

Poder germinativo:

El PG de los granos cosechados fue de 100% en todos los tratamientos realizados.

Calibre de los granos:

En este ensayo el calibre de los granos no mostró diferencias significativas con las aplicaciones de las diferentes dosis de FF. En todos los tratamientos realizados los valores medios estuvieron dentro de los requeridos por el estándar de comercialización. Los efectos no significativos del nitrógeno sobre el calibre pueden ser debidos a la presencia de buenas precipitaciones durante el llenado de los granos (Figura 11).

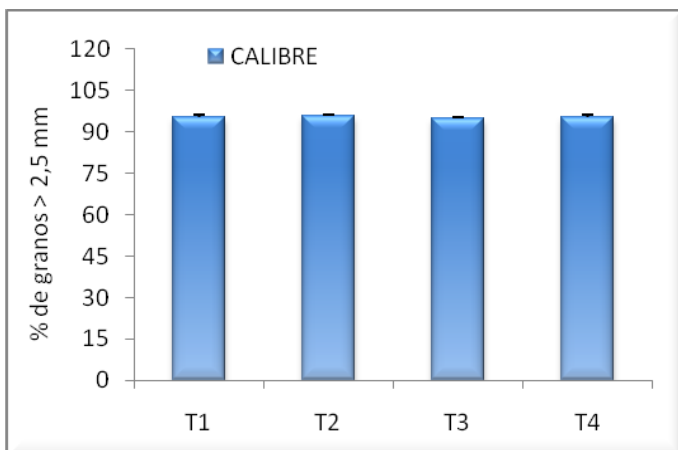


Figura 11. Calibre de los granos de cebada cervecera. T1: Urea (60 kg.ha^{-1} a la siembra)+Urea (100 kg.ha^{-1} al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 4 L.ha^{-1} en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 6 L.ha^{-1} en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 8 L.ha^{-1} en espigazón.

Resultados de ANOVA para calibre de los granos

Tratamientos	% de granos >2,5mm
1	95,4 a
2	95,7 a
3	94,7 a
4	95,2 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

La industria busca obtener valores de proteína no mayores a 12% y un buen tamaño de los granos o calibre de cebada. Esta última característica se evalúa pasando muestras por tamices calibrados. La fracción que queda retenida sobre un tamiz de 2,5 mm (Fracción I-II) debe ser mayor que 85% y la fracción que no queda retenida en un tamiz de 2,2 mm (Fracción IV) debe ser menor que 5%. Las partidas que no cubren estos requisitos deben ser zarandeadas en la planta de silo, por lo

que sufren importantes descuentos en el precio (Prystupa *et al.*, 2000). Los granos que se cosecharon en este ensayo presentan valores de calibre dentro de los rangos deseables.

Contenido de proteínas del grano:

La FF incrementó significativamente el contenido proteico de los granos con las mayores dosis, T3 y T4 con respecto a T1 y T2. Los tratamientos T3 y T4 incrementaron el contenido proteico en un 6,15 y 7,60 % con respecto a T1 respectivamente (Figura 12).

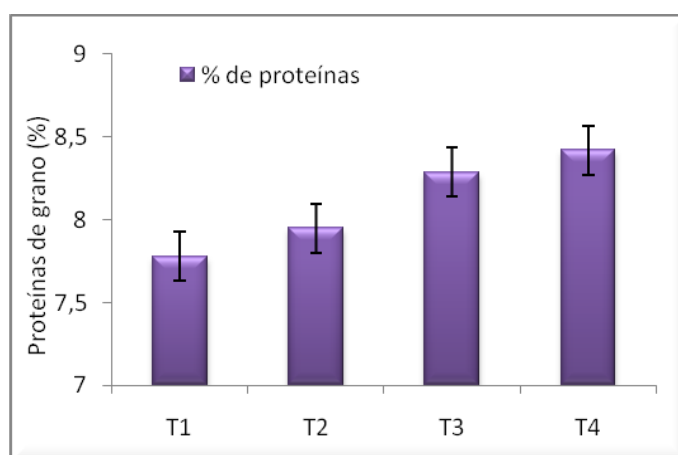


Figura 12. porcentaje de proteínas en granos de cebada cervecera. T1: Urea (60 kg.ha⁻¹ a la siembra)+Urea (100 kg.ha⁻¹ al macollaje); T2: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 4 L.ha⁻¹ en espigazón; T3: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 6 L.ha⁻¹ en espigazón y T4: T1+ FF BASFOLIAR® 36 EXTRA 8 L.ha⁻¹ en espigazón.

Resultados de ANOVA para porcentaje de proteínas.

Tratamientos	% de proteínas
1	7,78 b
2	7,95 b
3	8,29 a
4	8,42 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Cuando el N es limitante, la fijación de un elevado número de granos trae aparejada una baja concentración de proteína. En estas situaciones, la aplicación de N foliar en etapas tardías es una herramienta de suma utilidad para incrementar estos niveles hasta un valor más aceptable.

En general, el contenido de proteínas del grano observado en este ensayo fue bajo, no llegando a superar el límite mínimo deseable para una cebada destinada a la elaboración de malta, lo que coincide con Matthiess *et al.*, (2002). En comercialización se requieren granos con un contenido proteico mayor de 10% y menor a 12%. Aquellos granos que no cumplen con estos requisitos reciben importantes descuentos en el precio.

Este resultado puede ser debido a que la cebada Scarlett es una variedad de alto potencial de rendimiento que suele presentar concentraciones de proteínas excesivamente bajas (Matthiess *et al.*, 2002; Michiels y Degenhart, 2004). En el presente ensayo no se observó una relación negativa entre rendimiento y proteína, coincidiendo con lo observado por Triboi y Triboi-Blondel, (2002). Sin embargo, Lázzari *et al.*, (2007) encontraron que bajo situaciones de deficiencia de nitrógeno, la fertilización nitrogenada en cebada cervecera incrementaba el rendimiento en grano aumentando también el contenido proteico de los mismos.

En este ensayo los altos niveles de rendimiento alcanzados pudieron actuar diluyendo los aportes de Nitrógeno provistos con la fertilización foliar. En nuestro caso la dosis de fertilizante aplicada resultó insuficiente para lograr incrementos en el porcentaje de proteínas para alcanzar los valores requeridos para la industria.

En una red de ensayos realizada en la provincia de Buenos Aires empleando la variedad Scarlett, se observó que la FF durante espigazón incrementó el contenido proteico de los granos en un 0,75%, lo que implica que por cada kilogramo de nitrógeno aplicado en este momento el contenido proteico aumentó un 0,0375% (Prystupa *et al.*, 2008). Estos autores demostraron que la aplicación de nitrógeno en espigazón resultó ser un 25% más efectiva que la realizada en las etapas iniciales.

Matthiess *et al.*, (2002) trabajando en una red de ensayos de fertilización nitrogenada realizados en el sur de la provincia de Buenos Aires con la variedad Scarlett, no pudieron establecer un método de diagnóstico para las deficiencias de N, pero observaron que con disponibilidades de hasta 150 kg N ha⁻¹ el contenido proteico no superaba el 12%. La difusión de estas variedades ha generado un nuevo desafío tecnológico, planteando el interrogante de cómo obtener contenidos proteicos que no sean demasiado bajos, sin resignar eficiencia en la utilización del N.

La división de dosis o la postergación de aplicación del fertilizante nitrogenado puede aumentar el contenido proteico de los granos por encima del 12%, pero esto no es tan marcado si son bajas las dosis (Echagüe *et al.*, 2001). Se recomienda la aplicación de 30 kg de N ha⁻¹ en macollaje para aumentar el contenido proteico en granos un 6%, mientras que 60 kg de N ha⁻¹ incrementarían el promedio un 24%.

Las aplicaciones tardías de N por lo general no aumentan los rendimientos (Ferraris *et al.*, 2008) pero tienen efectos sobre el contenido proteico de los granos.

Eficiencia del uso del Nitrógeno (EUN)

Sobre la base de los rendimientos obtenidos se calculó la eficiencia agronómica de uso del N (EUN) del fertilizante sólido y del foliar.

Tabla 5. Valores medios de la EUN aplicado por la urea más el FF en kg de grano para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Dosis de fertilizante kg N.ha⁻¹ (urea + foliar)	Rendimiento en grano kg.ha⁻¹	Diferencia de rendimiento entre tratamientos	Eficiencia en el uso de los fertilizantes en kg grano. kg N⁻¹
T1	73,6	6193,4		
T2	75,04	6415,9	222,5	2,96 c
T3	75,76	6905,8	712,4	9,40 b
T4	76,48	7464	1270,6	16,61 a

Tabla 6. Valores medios de la EUN aplicado por el fertilizante foliar en kg de grano para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Dosis del fertilizante foliar kg N.ha ⁻¹	Rendimiento en grano kg.ha ⁻¹	Diferencia de rendimiento entre tratamientos	Eficiencia en el uso del fertilizante foliar kg grano.kg N ⁻¹
T1	0	6193,4		
T2	1,44	6415,9	222,5	154,5 c
T3	2,16	6905,8	712,4	329,8 b
T4	2,88	7464	1270,6	441,2 a

Tabla 7. Valores medios de la EUN aplicado en relación con los kg de proteína obtenidos para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Dosis del fertilizante foliar Kg N.ha ⁻¹	Proteínas en el grano kg.ha ⁻¹	Diferencia de % de proteínas entre tratamientos	Eficiencia en el uso del fertilizante foliar en kg proteína. kg N ⁻¹
T1	0	482		
T2	1,44	510	28,4	19,72 c
T3	2,16	581	99	45,8 b
T4	2,88	618	136	47,22 a

Valores seguidos por las mismas letras no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

En este ensayo se observa que la EUN registró incrementos significativos ante la aplicación de nitrógeno foliar, en las tres dosis evaluadas. La eficiencia se registra tanto en la conversión del nitrógeno incorporado por vía foliar que fue acumulado en los granos cosechados por ha como así también en el contenido de proteínas registrado en los mismos.

La FF realizada en este trabajo produjo incrementos significativos en la EUN que se tradujo en los granos cosechados por ha (Tabla 5). Las dosis evaluadas produjeron aumentos de 154,5; 329,8 y 441,2 kg grano.kg⁻¹ N para T2, T3 y T4 respectivamente.

La EUN aplicado por vía foliar también produjo incrementos significativos en el contenido proteico de los granos en los tratamientos evaluados en este trabajo (Tabla 6). Los valores registrados son 19,72; 45,8 y 47,22 kg proteína. kg N⁻¹ para T2, T3 y T4, respectivamente.

La eficiencia en el uso del N (EUN) depende principalmente de la disponibilidad del nutriente y de las condiciones ambientales (temperatura y humedad) donde se desarrolló el cultivo. Las condiciones imperantes de la zona donde se realizó este ensayo fueron benignas y favorecieron la absorción y removilización del fertilizante aplicado que se plasmó en incrementos del rendimiento en granos. Si bien se incrementó el contenido de proteínas con la FF, los valores no llegaron a superar los requeridos por los estándares de comercialización. Estas respuestas obtenidas se deberían a que la variedad estudiada posee alto potencial de rendimiento.

Se debería evaluar en estudios posteriores el manejo de la FF y las dosis para producir incrementos en el contenido de proteínas en variedades de alto rendimiento.

CONCLUSIONES:

El aumento en la disponibilidad de N se tradujo en un mayor nivel de rendimiento, y en ligeros incrementos en el contenido de proteína de los granos. Los efectos del N foliar sobre la concentración de proteínas fueron leves.

En este trabajo la aplicación de N foliar es realizada cuando ya ha transcurrido una parte del ciclo del cultivo, razón por la cual se podría diagnosticar la necesidad de fertilización con mayor precisión. El diagnóstico en este estadio fenológico puede realizarse evaluando ciertas características de las plantas. En nuestro país, se ha logrado predecir satisfactoriamente la respuesta a la fertilización nitrogenada durante antesis en trigo, mediante el índice de verdor en hoja utilizando el clorofilómetro Minolta Spad (Berg *et al.*, 2000). Sin embargo, este instrumental no

resultó ser útil para predecir la respuesta a la fertilización en espigazón en cebada variedad Scarlett (Prystupa *et al.*, 2008).

Si bien la fertilización foliar se encuentra en una etapa experimental en la región pampeana argentina, diversos trabajos realizados en la zona mencionada y en el exterior muestran resultados positivos en rendimiento y calidad por la utilización de esta práctica. En la actualidad, se están conduciendo numerosos trabajos de investigación que permitirán aportar mayor información y dimensionar el impacto real de la práctica.

Hay evidencias que demuestran que si el nivel de N-NO_3^- en kg. ha^{-1} en el suelo es bajo, el rendimiento aumenta en función del nitrógeno disponible (suelo + fertilizante) cuando no hay déficit hídrico. Durante el período de implantación y crecimiento de la cebada en nuestro trabajo se dieron precipitaciones que no generaron episodios de estrés hídrico, determinando una tasa eficiente de absorción y de traslado del N hacia los órganos de cosecha.

La encañazón es el último estadio de crecimiento donde es posible esperar respuesta a la fertilización nitrogenada en el rendimiento en grano. Las aplicaciones realizadas posteriormente aumentarían el porcentaje de proteínas.

La fertilización nitrogenada fraccionada tiende a aumentar la eficiencia del uso del fertilizante. Por lo tanto, cuando los cultivos presentan deficiencias de N, las aplicaciones fraccionadas de este nutriente a la siembra y en macollaje o aplicaciones suplementarias en encañazón, pueden resultar en beneficios económicos para el productor y la industria. Asimismo, el aumento en la eficiencia del uso del nitrógeno trae beneficios para el medio ambiente, ya que la elevada tasa de EUN obtenida en este trabajo implicaría un menor riesgo de contaminación del agua y de la atmósfera (Otegui *et al.*, 2001).

BIBLIOGRAFÍA

Abeledo, L.G.; Alzueta, I. y Miralles, D.J. (2012). "Differences in grain yield generation between wheat and barley". 6th International Crop Science Congress. August 06th to 10th, 2012. Bento Gonçalves, RS, Brasil.

Abeledo, L.G., Calderini, D.F. y Slafer, G.A. 2003a. Genetic improvement of barley yield potential and its physiological determinants in Argentina (1944–1998). *Euphytica* 130: 325-334.

Abeledo, L.G., Calderini, D.F. y Slafer, G.A. 2003b. Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley. *Euphytica* 133: 291-298.

AACC. 1995. Approved Methods of the AACC. 9th edition. American Association of Cereal Chemist, St Paul, MN.

Andriulo, A. 2010. Guía de buenas prácticas para el manejo de nutrientes (N y P) en la pampa ondulada. Desarrollos de índices de contaminación por N y P. Grupo Medio Ambiente. EEA INTA Pergamino. 65pp.

Arango, M.C., Gianibelli, M.C. y Sarandón, S.J. 1991. Fertilización foliar en el trigo: efecto de las aplicaciones de N, en espigazón y antesis sobre el contenido de proteínas del grano. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 66/67: 31-35.

Arias, G. 1991. Calidad industrial de la cebada cervecera. Serie Técnica Nro 8. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. 54 p.

Arisnabarreta, S. & Miralles, D.J. 2004. The influence of fertilizer nitrogen application on development and number of reproductive primordia in field grown two- and six-rowed barleys. *Australian Journal of Agricultural Res.* 55: 357-366. ISSN 0004-9409.

Arisnabarreta, S. and Miralles, D.J..2006. Floret development and grain setting in near isogenic two-and six-rowed barley lines (*Hordeum vulgare* L.). *Field Crops Research* 96: 466-476.

Arisnabarreta, S. and Miralles, D.J. 2008. Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two-and six-rowed barley. *Field Crops Research* 116: 184-195.

Baethgen, W.T. 1992. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en el litoral oeste del Uruguay. INIA La Estanzuela. Serie Técnica 24.

Baethgen, W.T.; Christianson, C.B. and García Lamothe, A. 1995. Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield components of maltings barley. *Field Crops Research*. 43: 87-99.

Bergh, R.; Baez, A.; Quattrocchio, A. y Zamora, M. 2000. Fertilización nitrogenada para calidad en trigo candeal. *Informaciones Agronómicas* 7:13-16.

Bragachini, M. y Peiretti, J. 2009. Cebada cervecera. El segundo cultivo de invierno en Argentina en franca expansión. Proyecto eficiencia de cosecha y postcosecha en granos. INTA EEA Manfredi. <http://www.cuencarural.com/agricultura>. Fecha de acceso: enero 2012.

Bragachini, M.; Méndez, A.; Proietti, F.; Villarroel, D.; Juan, N.; Otermín, I.; Woycik, H. 2006. Agricultura de Precisión hacia el manejo de la calidad de granos en el cultivo de trigo (Tandil, Provincia de Bs. As.). En: Trigo 2007. Boletín de Divulgación Técnica N°1. Ediciones INTA. E.E.A. Manfredi, Córdoba, Argentina, pp 53-57.

Briggs, D.E., Boulton C.A., Brookes P.A. & Stevens R. 2004. *Brewing. Science and practice*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge , England & CRC Press. Boca Raton. U.S.A.

CACBUE, 2010. Cámara Arbitral de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Norma V Anexo A. Norma de Calidad para la Comercialización de Cebada Cervecera. <http://www.cabcbue.com.ar/>. Verificado 15 de septiembre de 2010.

Calviño, P.A., Sadras, V.O. y Andrade, F.H. 2003. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. *Field Crops Research* 83: 67-77.

Cattáneo, M. 2011. Los mercados de cebada cervecera en Argentina y en el mundo. En: Cebada cervecera. Eds. Miralles DJ, Benech-Arnold RL, Abeledo LG. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. pp. 275-284.

Delogu, G.; Cattivelli, L.; Pecchioni, N.; De Falcis, D.; Maggiore, T. and Stanca, A. M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy*. 9: 11-20.

Echagüe, M; Landriscini; M.R., Venanzi, S. & Lázzari, M.A. 2001. Fertilización nitrogenada en cebada cervecera. *INPOFOS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 10:5-8.

Evans, L.T. y Fischer, R.A. 1999. Yield Potential: Its Definition, Measurement, and Significance. *Crop Science* 39: 1544-1551.

FAO. 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Agricultural Information Centre Agriculture data. <http://www.fao.org/>. Verificado 01 de octubre de 2009.

Ferraris, G., Bergh, R., Loewy, T., Ventimiglia, L., Gutierrez Boem, F.H. y Prystupa, P. 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: III. Efecto del Nitrógeno en espigazón y su interacción con el Nitrógeno inicial. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).

Fischbeck, G. 2002. Contribution of Barley to Agriculture: A Brief Overview. En: Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality. Eds. Slafer GA, Molina Cano JL, Araus JL, Savin R, Romagosa I. Journal of Crop Production. The Haworth Press, Inc. New York. pp. 1-14.

Fischer, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. Cambridge. Journal of Agricultural Science 105: 447-461.

Frederick, J.R.; C.R.Camp and P.J. Bauer. 2001. Drought-Stress Effects on Branch and Mainstem Seed Yield and Yield Components of Determinate Soybean. Crop Sci. 41: 759-763

Fischer, R.A., Howe G.N. and Ibrahim, Z. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. I. Grain yield and protein content. Field Crops Research 33: 37-56.

García del Moral, L.F., Sopena, A., Montoya, J.L., Polo, P., Voltas, J., Codesal, P., Ramos, J.M. & Molina-Cano J.L. 1998. Image analysis of grain and chemical composition of the barley plant as predictors of malting quality in mediterranean environments. Cereal Chemistry 75: 755-761.

Lapitan, N.L.V., Hess, A., Cooper, B., Botha, A.M., Badillo, D., Iyer, H., Menert, J., Close, T., Wright, L., Hanning, G., Tahir, M. and Lawrence, C. 2009. Differentially expressed genes during malting and correlation with malting quality phenotypes in barley (*Hordeum vulgare* L.). Theor Appl Genet 118: 937-952.

Lázzari, M.A.; Landriscini, M.R.; Cantamutto, M.A.; Miglierina, A.M.; Rosell, R.A.; Mockel, F.E. y Echague, M. 2001. Absorción de nitrógeno por cebada cerveza en dos suelos del sur bonaerense, Argentina. Ci. Suelo (Argentina) 19: 101-108

Lázzari, M.A.; Landriscini, M.R. y Echague, M. 2005. Patrones de absorción de nitrógeno nativo y del fertilizante en cebada cerveza con fertilizaciones cercanas a la siembra. Ci. Suelo (Argentina) 23: 69-77.

Lázzari, M.A.; Landriscini, M.R. and Echague, M. 2007. Nitrogen uptake by malting barley grown under conditions found in Buenos Aires Province, Argentine. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 38: 371-388.

Loewy, T.; Bergh, R.; Ferraris, G.; Ventimiglia, L.; Gutierrez Boem, F.H. y Prystupa, P. 2008. Fertilización de cebada cervecera cv. Scarlett. I. Efecto del nitrógeno inicial. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis (CD Rom).

Loewy, T. 2004. Fraccionamiento del nitrógeno y fertilización foliar en trigo. En "Taller 1: Tecnología de fertilización nitrogenada: formas de aplicación y fuentes". XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná; 22 al 25 de junio.

Luebs, R.E. and Laag, A.E. 1967. Nitrogen effect on leaf area, yield, and nitrogen uptake on barley under moisture stress. *Agronomy journal* 14:23-37.

MAGyP, 2010. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Estimaciones y Estadísticas. <http://www.siiia.gov.ar/>. Verificado 19 de noviembre de 2010.

Matthiess, W., Serre, M., y Cattaneo, M. 2002. Fertilización nitrogenada en una variedad de cebada cervecera de alto potencial de rendimiento en Argentina. *Anales de la XXII Reuniao Anual de Pesquisa de Cevada*. 9-11 Abril 2002. Passo Fundo, Brasil.

Michiels C. y S. Degenhart. 2004. Ensayo de fertilización de cebada cervecera, var. Scarlett. *Informaciones agronómicas* 22:18-20.

Méndez, M.; Melchiori, R.; Villarroel, D.; Juan, N.; Vélez, J.; Albarenque, S. 2009. Análisis de la calidad del grano de trigo y soja a través del sensor de calidad de granos enteros Accu Harvest® en la zona de Oro Verde, Paraná, Entre Ríos. En: Proyecto Nacional Agricultura de Precisión. 10º Curso de Agricultura de Precisión y 5ª Expo de Máquinas Precisas. Ediciones INTA. E.E.A. Manfredi, Córdoba, Argentina. pp 39-46.

Otegui O., J. Zamalvide, C. Perdomo, R. Goyenola y A. Cerveñanasky. 2001. Momento de aplicación de nitrógeno: efecto en eficiencia de uso del fertilizante, rendimiento y concentración proteica en grano de cebada cervecera en Uruguay. *Terra* 20: 71-80.

Passarella, V.S, Savin, R, Slafer, G.A. 2002. Grain weight and malting quality as affected by brief period of increased spike temperature under field conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 1219-1227.

Passarella, V.S., Savin, R., Abeledo, L.G., Slafer, G.A. 2003. Malting quality as affected by barley breeding (1944-1998) in Argentina. *Euphytica* 134: 161-167.

Perdomo, C.; Hoffman, E.; Pons, C. y Pastorini, M. 1999. Fertilización nitrogenada en cebada cervecera. Informe de Resultados de Facultad de Agronomía. Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera (Uruguay).

Prichard, K.; Doerge, T.A. and Thompson, T.L. 1996. Evaluation of in-season nitrogen tests for drip irrigated leaf and romaine lettuce. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:237-257.

Prystupa, P., Martinez, D., Scheiner, J.D. y Lavado, R.S. 2000. Disponibilidad de nitrógeno y fosforo, rendimiento y calidad industrial de cebada cervecera en lotes de producción. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.

Prystupa, P. 2005. Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos. Editores: Echeverría, H. y Garcia, F. Grancharoff Impresores. Capítulo 15, 317 p.

Prystupa, P. 2006. Cebada y Avena. Pág. 317-334. *En*: HE Echeverría y FO García (eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.

Prystupa, P. 2007. Fertilización de cebada cervecera. En "Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Segunda Edición" (R. Alvarez, editor). Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. pp. 122-128.

Prystupa, P., Ferraris, G., Loewy, T., Bergh, R., Ventimiglia, L., Gutierrez Boem, F.H., y Couleot, L. 2008. Fertilización de cebada cervecera cv Scarlett IV. Estimación de la respuesta del contenido proteico a la fertilización nitrogenada. XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Potrero de los Funes (SL). Manejo y conservación del agua y suelo, riego y drenaje. 239 pp.

Przulj, N. and Momcilovic, V. 2001. Contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield and nitrogen content in spring barley. *Rostlinná Výroba* 47, 352-360.

Ross, F., Massigoge, J. y Zamora, M. 2010. Efectos del ambiente y la fertilización en cebada cervecera cv. Scarlett: Parte I Rendimiento. XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Rosario. p 142.

Rausch, A., Lazzari, A. y Landriscini, M.R. 2003. Disponibilidad de nitrógeno en el suelo y su influencia en el rendimiento de este cultivo con buena calidad Maltera. *Fertilizar* No 32, septiembre 2003. 13-17 pp.

Sarandón, S.J. y Gianibelli, M.C. 1992. Effect of foliar sprayings of urea during or after on dry matter and nitrógeno accumulation in the grain of two wheat cultivars of *T. aestivum* L. *Fertilizer Research*. 31: 79-84.

Savin, R.S. and Nicolas, M.E. 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology* 23:201-210.

Savin, R. y Aguinaga, A. 2011. Los requerimientos de la industria: calidad comercial e industrial y sus determinantes. *En*: Cebada cervecera. Eds. Miralles DJ, Benech-

Arnold RL, Abeledo LG. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. pp. 205-241.

Savin, R y Sorlino, D. 2003 "Calidad de los Granos y estimadores más comunes". Producción de Cultivos de Granos, Bases Funcionales para su Manejo. Editor Responsable: Antonio Pascale, Coordinadores: E. Satorre, R. Benech Arnold, G. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M.E. Otegui, R. Savin. Editorial Facultad de Agronomía – UBA. Capítulo 3. 27-50

Slafer, G.A.; Miralles, D.J.; Savin, R.; Whitechurch, E.M. y Gonzáles, F.G. 2004. Peso de los Granos. En Producción de Granos. Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires. pp. 49-57, 99-1321.

Triboï, E. y Triboï-Blondel, A.M. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem - invited paper. European Journal of Agronomy 16: 163-186.

Smith, K. A., McTaggart, I.P. and Tsuruta, H. 1997. Emissions of N₂O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture, and the potential for mitigation. Soil Use and Management. 13:296-304.

Varga, J., Rigó, K., Téren, J., Mesterhazy, A., 2001. Recent advances in ochratoxin research. Cereal Research Communications 29, 1-2: 85-100.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., y Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 4:415-421.

Páginas de Internet consultadas:

-<http://www.siiia.gov.ar>. MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina). Fecha de acceso: Enero 2012.

Estación Experimental INTA 25 de Mayo.